

Ausgewählte Methoden der Hirnforschung im Überblick

Verfahren der funktionellen Bildgebung

Zu den bildgebenden Verfahren, die nicht nur anatomische, sondern auch funktionelle Zustände im Gehirn abbilden können, zählen Methoden wie **PET** (Positron-Emission-Tomography) und **SPECT** (Single-Photon-Emission-Computed-Tomography), die beide als nuklearmedizinische Verfahren radioaktiv markierte Substanzen (Tracer) verwenden, um Stoffwechsel- und Blutflussprozesse zu registrieren. Das Muster der aktivitätsabhängigen Tracer-Verteilung wird gemessen und erlaubt indirekt Rückschlüsse auf die neuronalen Verarbeitungsprozesse.

Dagegen ist die **funktionelle Magnetresonanztomografie** (fMRT; synonym: funktionelle Kernspintomografie) ein echtes nicht-invasives Verfahren, das mit der Induzierung starker, aber ungefährlicher Magnetfelder arbeitet. Dabei wird die Eigenrotation von Wasserstoffkernen – der Kernspin – ausgenutzt: Durch geeignete Manipulation der Spinsenausrichtung mit Hilfe eines Dauermagnetfeldes sowie zusätzlicher elektromagnetischer Hochfrequenzsignale und der computergestützten Analyse der registrierten Daten gelingen – in getrennten Messreihen – sowohl die anatomische Rekonstruktion des individuellen Gehirns als auch die funktionelle Messung von Aktivitätsänderungen. Dabei wird allerdings die neuronale Aktivität nicht direkt gemessen, sondern indirekt über Änderungen von Einstrom, Volumen und Sauerstoffgehalt des Blutes in den umgebenden Versorgungsgefäßen registriert: Nach dem Prinzip der »neurovaskulären Koppelung« erhöht sich bei aktivierten Nervenzellen der Sauerstoff- und Glukosebedarf, der über vermehrten Bluteinstrom ausgeglichen wird. Grundlage der funktionellen MRT-Messung ist das BOLD-Signal (Blood Oxygen Level Dependent): Da sauerstoffreiches Blut andere magnetische Eigenschaften als sauerstoffarmes Blut hat, kann die resultierende Signaländerung re-

gistriert und auf die experimentelle Situation bezogen werden. Durch aufwändige statistische Analyseverfahren können Aussagen zur neurokognitiven Verarbeitung gemacht werden. Die Kartierung der Aktivitätsänderungen gelingt mit einer hohen räumlichen Auflösung im Millimeter-Bereich. Nachteile der fMRT-Methode ergeben sich aus dem hohen apparativen Aufwand sowie aus der Trägheit hämodynamischer Prozesse: Die zeitliche Auflösung der Signale liegt im Sekunden-Bereich. Seit ihrer Entwicklung Anfang der 1990er Jahre hat sich die fMRT kontinuierlich zu einem leistungsstarken Verfahren entwickelt, dessen konsequenter Einsatz in der Neurokognitionsforschung zu wertvollen neuen Einblicken in die Verarbeitungsprozesse des menschlichen Gehirns geführt hat.

Elektrophysiologische Verfahren

Im Gegensatz zu den bildgebenden Verfahren registrieren elektrophysiologische Methoden die Aktivität der Nervenzellen direkt, indem sie die elektrische oder magnetische Komponente neuronaler Signalquellen messen. Die Vorteile liegen in der hohen zeitlichen Auflösung im Millisekunden-Bereich. Nachteilig ist, dass die neuronalen Quellen nur mit einer niedrigen räumlichen Auflösung geortet werden können.

Die **Elektroenzephalografie** (EEG) ist ein klinisches Routineverfahren, bei dem die Summenpotenziale der elektrischen Aktivität von Nervenzellen registriert und für die neurologische Diagnose ausgewertet werden. Über direkt auf der Kopfhaut platzierte und regelmäßig angeordnete Elektroden können charakteristische Wellenmuster von Spannungsänderungen gemessen werden, die auf neuronale Normal- oder Fehlfunktionen schließen lassen. In der neurokognitionswissenschaftlichen Grundlagenforschung hat die EEG-Methode durch leistungsstarke computerbasierte Analysemethoden in den letzten Jahren einen starken Aufschwung erlebt.

Auch die **Magnetenzephalografie** (MEG) registriert die Aktivität von

Nervengewebe, aber sie misst die magnetische Komponente der neuronalen Ionenströme. Dabei liegen die Sensoren ebenfalls auf der Kopfhaut. Die räumliche Auflösung der MEG ist besser als die der EEG. Insbesondere in Kombination mit EEG und dem bildgebenden Verfahren der fMRT stellt die MEG eine leistungsstarke Methode in der Neurokognitionsforschung dar. Nachteile ergeben sich aus dem hohen apparativen Aufwand, so sind eine starke Abschirmung gegen Störsignale sowie Kühlung notwendig.

Weitere moderne Verfahren

Bei der **Transkraniellen Magnetstimulation** (TMS) werden starke pulsierende Magnetfelder über eine geeignet platzierte Magnetspule durch den Schädel hindurch (»transkraniell«) auf Regionen des Gehirns gerichtet. Sie beeinflussen kurzzeitig die neuronale Verarbeitung, weil nach dem elektromagnetischen Prinzip ein Stromfluss in der Zielregion induziert wird. Als Auswirkungen können sensorische oder motorische Ereignisse auftreten (etwa Lichtblitze oder muskuläres Zucken). Neben der Grundlagenforschung (Stimulierung beziehungsweise Störung einzelner Hirnfunktionen und kognitiver Prozesse) gibt es für die TMS auch Verwendungsansätze in der psychiatrischen Therapie (Depression, Schizophrenie).

Die **Diffusions-Tensor-Bildgebung** (diffusion tensor imaging, DTI) beruht auf magnetresonanztomografischen Prinzipien und misst die Freiheitsgrade der Bewegung von Wassermolekülen, die durch zelluläre Membranstrukturen eingeschränkt, aber entlang der Nervenfasern größer sind. DTI wird für die nicht-invasive Darstellung von Lage und Verlauf neuronaler Faserzüge verwendet. Die Rekonstruktion gesunder oder geschädigter Verbindungsbahnen im Gehirn ist zum Beispiel für die neurologische Diagnose und die Vorbereitung neurochirurgischer Operationen wichtig. ♦